

среднем отклонение от оптимального результата дает алгоритм 4. Но при этом очевидна тенденция к увеличению отклонения от оптимального результата с увеличением количества пунктов в транспортной сети. У второго по малости среднего значения алгоритма 3 эта тенденция выражена еще более четко. У третьего по малости среднего значения алгоритма 6 отклонение от оптимального значения возрастает меньше всего. Так как наиболее актуальным является решение задач именно больших размерностей, алгоритм 6 был выбран как наиболее подходящий для решения поставленной задачи при формировании окончательного варианта модифицированного метода «ветвей и границ».

В окончательном алгоритме модификации метода целиком сохранен механизм присоединения пунктов к районам. Единственное отличие – присоединение пунктов к текущему району прекращается, если размер района превышает средний размер всех районов более чем на заданное количество процентов. Под размером района подразумевается длина маршрута коммивояжера для района.

1. Володченко А.А., Самойленко Н.И. Модификация метода «ветвей и границ» для разбиения транспортной сети на районы // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.79. – К.: Техніка, 2007. – С.403-408.

2. Житков В.А., Ким К.В. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок. – М.: Транспорт, 1982. – 184 с.

3. Литтл Дж. и др. Алгоритм решения задачи коммивояжера // Экономика и математические методы. – 1965. – №1. – С.94-107.

4. Володченко А.А. Компьютерная технология разбиения транспортной сети на районы // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.69. – К.: Техніка, 2006. – С.129-133.

Получено 26.11.2008

УДК 625.03

В.П.ШПАЧУК, д-р техн. наук, А.В.КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук,
Г.О.НІКІТІНА

Харківська національна академія міського господарства

В.В.ДУДКО

Казенне підприємство «Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О.О.Морозова»

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З УРАХУВАННЯМ НЕРЕГУЛЯРНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ В ЗОНІ СТИКОВОЇ НЕРІВНОСТІ

Розглядаються питання розробки методики визначення швидкісних режимів руху вагона на ділянках рейкової колії зі стиковими з'єднаннями.

Ефективність роботи рейкового транспорту багато в чому визначається технічною досконалістю локомотивів, моторних вагонів, трамвайів, а також станом рейкової колії. Від процесів, що проходять у контакті взаємодіючих між собою колеса і рейки, залежить в цілому ефективність роботи рейкового рухомого складу. Рейкова колія та рухомий склад у конструктивному відношенні взаємно зумовлюють один одного і представляють єдину механічну систему. Виникаючі в елементах шляху та рухомого складу зусилля тісно взаємно залежать від стану колії та рухомого складу. Поліпшення утримання колій, зменшуючи сили взаємодії рухомого складу та шляху, удосконалює умови роботи як самих колій, так і вагону, що рухається по них. Оскільки цілий ряд перемінних показників стану шляху (норми та допуски в розмірах колії, жорсткість шляху, конструкція його елементів, стан і положення цих елементів та ін.) та стану рухомого складу (норми та допуски в розмірах колісних пар, їх конструкція, жорсткість ресор, стан елементів конструкції візка й вагону та ін.) по-різному взаємно впливають один на одного, то, безумовно, має місце оптимальне з'єднання вказаних елементів у тих або інших умовах роботи рейкової колії.

У сучасних умовах експлуатації парку рейкових вагонів важлива увага приділяється вдосконаленню їх конструкції, а також підвищенню показників надійності та експлуатаційних якостей рухомого складу. Тому на рейковому транспорті України до особливо важливих на сучасному етапі розвитку відносяться науково-технічні роботи і дослідження, пов'язані з розв'язуванням задач, присвячених вирішенню проблеми забезпечення надійності комплексу "вагон і рейка", тобто до проблеми механічної взаємодії в системі "вагон – рейкова колія".

При русі вагону його вузли й агрегати зазнають впливу динамічних сил, а саме сил взаємодії між вагонами і локомотивами, сил взаємодії з верхньою будовою колії та ін., які змінюються як за часом, так і за напрямком і мають ударний й імовірний характер.

Практика свідчить, що однією з основних технічних причин колювань вагону і прогинів пов'язаної з ним в єдину механічну систему рейкової колії, є нерівності рейки, які є наслідком змінної жорсткості за довжиною верхньої будови колії і нерівномірного за довжиною накопичення в ньому залишкових деформацій. Розв'язання кожної задачі досліджень і практичного застосування науки про взаємодію рухомого складу і колії здійснює істотний вплив на розвиток рейкового транспорту, на безпеку руху вагонів, на величини припустимих швидкостей руху, а також на пропускну і провізну спроможність рейкових колій, на економіку утримання рухомого складу і колії, умови габаритної прохідності рухомого складу та ін.

Питання взаємодії вагона з рейковою колією, а також впливу її параметрів на експлуатаційні характеристики транспортного засобу розглянуто в роботах [1-8]. На відміну від вказаних досліджень у даній роботі враховано прогин приймаючої рейки на фазі зростання, перші п'ять форм коливань рейки, а також механічні характеристики стикових накладок і баластового шару.

Рухомий склад і рейковий шлях представлено у вигляді єдиної взаємодіючої механічної дискретно-континуальної системи. При цьому зниження сил динамічної взаємодії запропоновано забезпечити удосконаленням як ходової частини вагону і шляху, так і технічного утримання їх експлуатації. Важливо зазначити, що мета досліджень динамічних процесів у системі “вагон – рейкова колія” сформульована як задача створення методів визначення раціональних і оптимальних значень параметрів системи. Це дозволило забезпечити визначення експлуатаційних і конструктивних параметрів вагона і верхньої будови колії, величини яких забезпечують тиски на баластовий шар, що не перевершують гранично припустимих значень.

Відповідно до отриманих результатів методика визначення швидкісних режимів руху вагона на ділянках рейкової колії зі стиковими з'єднаннями матиме наступний вигляд.

Етапи і вихідні дані методики.

Етап 1. Визначення приведеної маси колеса (m_1 , кг), маси вагона (m_2 , кг) з урахуванням його заданого (середнього, максимального) завантаження пасажирями, радіуса колеса (r , м).

Етап 2. Визначення конструктивних і механічних параметрів рейкової колії і стику: тип стику, його ширина (Δ , м) і висота (h , м); граничні умови закріплення віддаючої і приймаючої рейки; тип шпали, площа її опорної поверхні ($F_{\text{шп}}$, м²) і вага ($Q_{\text{шп}}$, Н), що приходить на одну рейку; тип рейки, її вага (Q_p , Н), що приходить на стикову шпалу, модуль пружності (E , Н/м²), момент інерції (J , см⁴); стикова накладка – двохголова, модуль пружності (E_n , Н/м²), момент інерції (J_n , см⁴), товщина (b_n , м), висота (h_n , м).

Етап 3. Визначення характеристик жорсткостей ресорного підвішування вагона (c , Н/м), баластного шару (c_1 , Н/м), питомих тисків ($[\sigma]$, Н/м²) і припустимих прогинів ($[y_1]$, м) під першою шпалою приймаючої рейки шляху.

Величини припустимих прогинів визначають за формулою

$$[y_1] = \frac{[\sigma]F_{\text{шп}} - Q_{\text{шп}} - Q_p}{c_1}.$$

Етап 4. Визначення прогинів приймаючої рейки під першою шпалою.

Величини прогинів (y_1 , мм) під першою шпалою приймаючої рейки розраховують за формулами:

$$y_1(t, x = l_{\text{п.р.1}}) = \sum_{j=1}^5 z^j(x) D_j(V_x) \sin \omega_j t,$$

$$z^j(x) = \rho(\kappa_1^j x) z^j(0) + \frac{\Phi(\kappa_1^j x)}{\kappa_1^{j2}} z^{j'}(0) + \frac{\Psi(\kappa_1^j x)}{\kappa_1^{j2}} z^{j''}(0) + \frac{\gamma(\kappa_1^j x)}{\kappa_1^{j3}} z^{j'''}(0) + \left[\frac{\kappa_2^{j4} z^j(l^*)}{\kappa_1^{j3}} + \right.$$

$$\left. + \frac{c}{EJ\kappa_1^{j3}} (\lambda_2^j - \lambda_1^j) \gamma[\kappa_1^j(x - l^*)] \right]_{x \geq l^*} - \frac{c_1}{EJ\kappa_1^{j3}} \sum_{i=1}^{23} z^j(l_i) \gamma[\kappa_1^j(x - l_i)]_{x \geq l^*}, \quad (j=1 \div 5),$$

$$\lambda_1^j = z_1^j(0), \quad \lambda_2^j = \frac{c\lambda_1^j}{c - m_2\omega_j^2}, \quad \kappa_1^{j4} = \frac{\rho F}{EJ} \omega_j^2, \quad \kappa_2^{j4} = \frac{m_1}{EJ} \omega_j^2. \quad (1)$$

$$D_j = \frac{m_1 \lambda_1^j V_1 + m_2 \lambda_2^j V_{01}}{\omega_j^j \left[\rho F \int_0^L z^{j2}(x) dx + m_1 \lambda_1^{j2} + m_2 \lambda_2^{j2} \right]} \quad \text{при } x \neq 0;$$

$$D_j = \frac{\rho F V_1 z^j(0) + m_1 \lambda_1^j V_1 + m_2 \lambda_2^j V_{01}}{\omega_j^j \left[\rho F \int_0^L z^{j2}(x) dx + m_1 \lambda_1^{j2} + m_2 \lambda_2^{j2} \right]} \quad \text{при } x = 0.$$

Умовні позначення і найменування параметрів $g, \rho, \Phi, \Psi, \gamma, m_1, m_2, \bar{V}_1, \bar{V}_{02}, E, J, \rho, F, E_n, J_n, \rho_n, F_n, h, h_1, h_2$ відповідають аналогічним у роботі [9].

Етап 5. Визначення припустимої швидкості ($[V]$, м/с) руху вагона на ділянці колій зі стиковими з'єднаннями.

Для цього будується графік (рис.1) залежності ($y_1(c_1, m_2, V)$, мм).

Величина припустимої швидкості $[V]$ визначається відповідно до показаних на рис.1 стрілок "ключем" з урахуванням величини припустимого прогину $[y_1]$ і характеристики $y_1(c_1, m_2, V)$, що будується для заданих жорсткості c_1 і завантаження вагона m_2 .

Етап 6. Визначення раціональної швидкості руху трамвая (V_p , м/с).

Раціональна швидкість визначається з умови

$$V_p \leq [V].$$

При виконанні даної умови під першою шпалою приймаючої рейки прогини, а також питомі тиски на баластний шар не будуть перевищувати припустимих значень $[y_1]$ і $[\sigma]$.

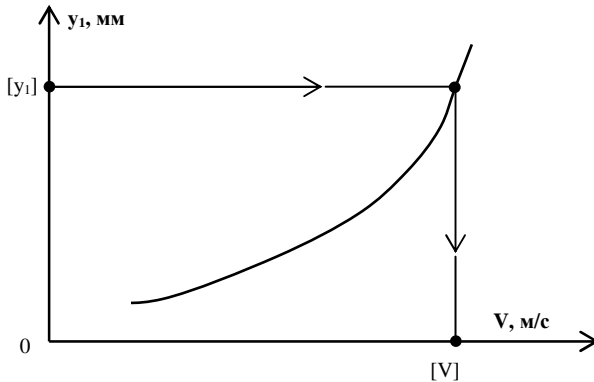


Рис.1 – Залежність прогинів приймаючої рейки від швидкості вагона

Приклад розрахунку раціональної швидкості для трамвая Т-3.

Вихідні дані для розрахунку: $m_1 = 1100$ кг; $m_2 = 7627,5$ кг; $r = 0,35$ м; стик – типу "зазор" при схемі закріплення 2; $\Delta = 19,8$ мм; шпала – залізобетонна КШ-63П; $F_{\text{шп}} = 0,337$ м²; $Q_{\text{шп}} = 931,95$ Н; рейка – типу Р-65; $Q_p = 350,71$ Н; $L = 12,5$ м; $l = 0,55$ м; $E = 2,6 \cdot 10^{11}$ Н/м²; $J = 3573$ см⁴; $E_n = 2 \cdot 10^4$ кН/см²; $b_n = 45$ мм; $h_n = 127$ мм; $c = 8 \cdot 10^5$ Н/м; $c_1 = 1 \cdot 10^8$ Н/м; $[\sigma] = 5,33 \cdot 10^5$ Н/м².

Розраховуємо припустимий прогин

$$[y_1] = \frac{5,33 \cdot 10^5 \cdot 0,337 - 931,35 - 350,71}{1 \cdot 10^8} = 1,78 \text{ мм.}$$

За формулами (1) розраховуємо прогин y_1 приймаючої рейки під першою шпалою (таблиця).

Залежність прогинів рейки від швидкості вагона

Швидкість вагона V, м/с	5	10	15
Прогин рейки y_1 , мм	1,2	1,54	2,3

Визначаємо припустиму швидкість $[V]$ руху вагона на ділянці колій зі стиковим з'єднанням. Для цього будемо, використовуючи дані таблиці, графік (рис.2) залежності $y_1(V)$.

Відповідно до "ключа" етапу 5 проводимо на рис.2 побудови (показано стрілками), попередньо відклавши на осі Oy_1 величину припус-

тимого прогину $[y] = 1,78$ мм. У результаті отримуємо, що припустима швидкість складає величину

$$[V] = 12 \text{ м/с.}$$

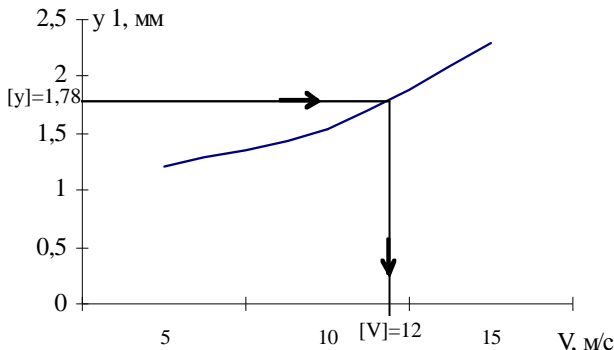


Рис.2 – Графік залежності $y_1(V)$

Рациональну швидкість руху вагона визначаємо з умови

$$V_p \leq 12 \text{ м/с.}$$

Отримане значення швидкості V_p вагона використовуємо при визначенні його графіків руху на ділянці з стиковим з'єднанням заданого типу і заданими геометричними характеристиками.

Методика розповсюджується на трамвайні маршрути, де з'єднання рейок колій виконані збірними та залізничні колії, що мають стикові з'єднання, її доцільно застосовувати при розробці швидкісних режимів руху трамваїв на маршрутах з урахуванням їх механічної взаємодії з рейковою колією на ділянках з ізольованими стиковими нерівностями. Визначені режими руху трамвая враховують завантаження вагона, тип стикового з'єднання, його місцезнаходження на ділянці шляху, жорсткість баластового шару, граничні умови закріплення віддаючої і приймаючої рейок, а також механічні і конструктивні параметри вагона, рейки, самого стику і стикової накладки. Рух трамвая з визначеною рациональною швидкістю V_p забезпечує умови приналежності параметрів динамічної взаємодії вагона з рейковою колією в місці стикової нерівності області припустимих прогинів $[y_1]$, а також питомих тисків $[\sigma]$ у баластовому шарі під першою шпалою приймаючої рейки. Використання наведеної методики на практиці забезпечує підвищення експлуатаційної надійності і довговічності транспортного засобу і рейкової колії.

- 1.Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава / Под ред. М.Ф.Вериго. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
- 2.Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагонов. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.
- 3.Маслиев В.Г. Математическое моделирование динамических процессов в системе "экипаж – рельсовый путь" // Міжвуз. зб. наук. праць. Вип.34. – Харків: ХарДАЗТ, 1998. – С.23-26.
- 4.Esveld C., Kok A. Interaction of the way and rolling stock when moving with high velocity // Rail Engineering International. – 1998. – №3. – P.14-16.
5. Лазарян В.А. Динамика транспортных средств: Изб. тр. – К.: Наук. думка, 1985. – 528 с.
- 6.Дьомін Ю.В., Черняк Г.Ю. Основи динаміки вагонів. – К.: КУЕТТ, 2003. – 270 с.
- 7.Данович В.Д., Рейдемейстер А.Г., Халипова Н.В. Математическая модель взаимодействия пути и пассажирского вагона при движении по участкам произвольной кривизны // Транспорт. Вып.8. – Днепропетровск: Нова ідеологія, 2001. – С.124-138.
- 8.Математическое моделирование колебаний рельсовых транспортных средств / Под ред. В.Ф.Ушкалова. – К.: Наукова думка, 1989. – 260 с.
- 9.Шпачук В.П., Коваленко А.В. Оптимізація експлуатаційних і конструктивних параметрів вагона з урахуванням взаємодії з верхньою будовою колії в зоні стикової нерівності // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.81. – К.: Техніка, 2008. – С.254-262.

Отримано 19.12.2008

УДК 629.421 : 629.405

В.Х.ДАЛЕКА, д-р техн. наук,
В.Ф.ХАРЧЕНКО, М.І.ШПІКА, кандидати техн. наук, О.О.СУХОРИКОВА
Харківська національна академія міського господарства

ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ З МІКРОПРОЦЕСОРНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ

Розглядаються структура та конструкція спеціального стенда для досліджень асинхронного електропривода з мікропроцесорною системою керування в режимах пуску та гальмування. Особливістю стенда є можливість змінювати режими роботи та параметри регулятора за допомогою персонального комп'ютера.

За останні роки використання частотно-регульованих асинхронних електроприводів значно збільшилось. Цьому посприяли значні успіхи сигової електроніки – освоєння виробництва біполярних транзисторів з ізольованим затвором (IGBT), силових модулів на їхній основі (стійки й цілі інвертори), а також силових інтелектуальних модулів (IPM) із засобами захисту ключів й інтерфейсами для безпосереднього підключення до мікропроцесорних систем керування. Крім того, масове впровадження мікроконтролерів з вбудованим набором спеціалізованих периферійних пристроїв витіснило аналогові системи керування приводами.